

RADAR ANTENNA DIAGNOSTIC MODULE

Petr Pacner

Bachelor Degree Programme 3, FEEC BUT

E-mail: xpacne01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Michal Kubíček

E-mail: kubicek@feec.vutbr.cz

Abstract: Faults in the electrical wiring can cause fatal problems in particular application. Therefore various Fault Detection, Isolation and Recovery techniques have been developed, able to detect these faults.

Such Defects may occur on a coaxial cable lines in radar systems between transmitter (receiver) and antenna. The aim of this paper is to present simulations of sequence time-domain reflectometry method. The results indicate suitability of this method for transmission lines terminated with radar antenna and capability of reliable soft faults detection (short and open circuit).

Keywords: Electrical Wiring, Reflectometry, Coaxial Cable, Antenna, M-Sequence, Correlation, LFSR, FDI, BIT

1 ÚVOD

Posun v technologiích návrhu systémů vede ke zvyšování jejich komplexity. To je často příčinou i zvýšení nespolehlivosti a výskytu chyb během provozu. Nesprávný běh zařízení může mít někdy až katastrofální následky. Přesnost a včasné užití metod pro detekci a identifikaci poruch, Fault Detection, Isolation (FDI), má výrazný vliv na cenu, bezpečnost, kvalitu, zvýšení spolehlivosti a ekologickou stopu systému.

Dnes jsou do mnoha systémů implementované tzv. vestavěné zkoušky, Build In Test (BIT), využívající metody FDI k řešení provozních závad. S vývojem nových snímacích zařízení a signálových procesorů vznikají více propracované BIT sloužící k detekci, identifikaci a zobrazení poruch, které nastanou během provozu dané aplikace [1].

2 CHYBY NA VEDENÍ A METODY DETEKCE

Jedna z příčin vzniklých chyb v systému jsou poruchy vedení v elektroinstalaci, tedy chyby v napájecích rozvodech mezi systémovými bloky nebo u různých signálových, datových a komunikačních spojů (sběrnice, napájecí vedení antény). K poškození vedení může velice snadno dojít v prostředí s proměnlivými klimatickými podmínkami, nebo v okolí zdrojů mechanického chvění a kmitání, které způsobí poškození izolace vodičů, průnik vlhkosti do vedení nebo náhodně spojí dva neizolované kabely atd.

Tyto chyby mají různý charakter odezvy podle typu signálu na vedení. Na tomto principu je postavena metoda reflektometrie. Ta využívá odrazu vyslaných vln na rozhraní dvou impedančně rozdílných prostředí. Jakým způsobem se vlna odrazí závisí na činiteli odrazu [2]. Metod vycházejících z reflektometrie je velké množství, mající různé výhody a nevýhody. Pro realizaci diagnostického modulu byla zvolena metoda sekvenční časové reflektometrie (STDR), která je stručně charakterizována v další kapitole. Ta byla vybrána z hlediska velké odolnosti proti okolnímu rušení a možnosti implementace v již dostupných zařízeních (FPGA a MCU) umístěných na cílové platformě (radaru) [4].

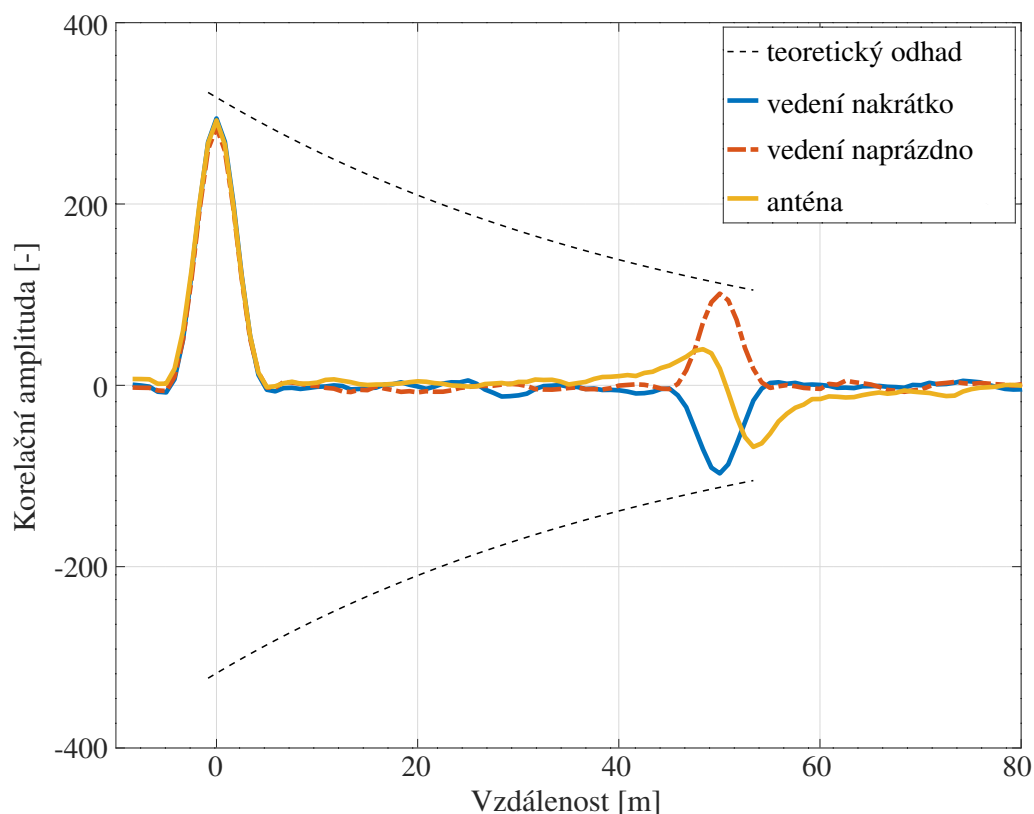
3 PRINCIP METODY STDR

Tato metoda vychází z časové reflektometrie [2] a vykazuje velmi dobré vlastnosti z hlediska snadné implementace do digitálního systému, odolnosti proti šumu, včetně toho, že při vhodném nastavení nemusí ovlivňovat komunikaci na vedení, tudíž může pracovat za provozu zařízení.

Principem této metody je vysílání signálu s rozprostřeným spektrem. Ten prochází vedením a podobně jako u metody TDR bude odražený signál invertovaný, pokud se někde na vedení nachází zkrat. V případě rozpojení se signál vrátí s nezměněnou fází. Tento signál je po příchodu korelován s vyslaným signálem. Poloha korelačních špiček s uvážením rychlosti šíření vlny na vedení indikuje vzdálenost k diskontinuitě [3].

3.1 CHARAKTER ODRAZŮ

Každá odezva na diskontinuitu má svůj tvar jak v časové, tak frekvenční doméně. Pro tuto aplikaci bylo proto nutné nejprve provést simulace odrazů od zakončení vedení zkratem, rozpojením nebo anténou. Byl proto vytvořen simulační model předpokládané koncepce modulu. Ten je složen z části generující pseudonáhodnou sekvenci s pásmovou propustí na výstupu, bloku reprezentující vodič, číslicového převodníku a korelátoru. V modelu je možné měnit podmínky jako je úroveň šumu pro-

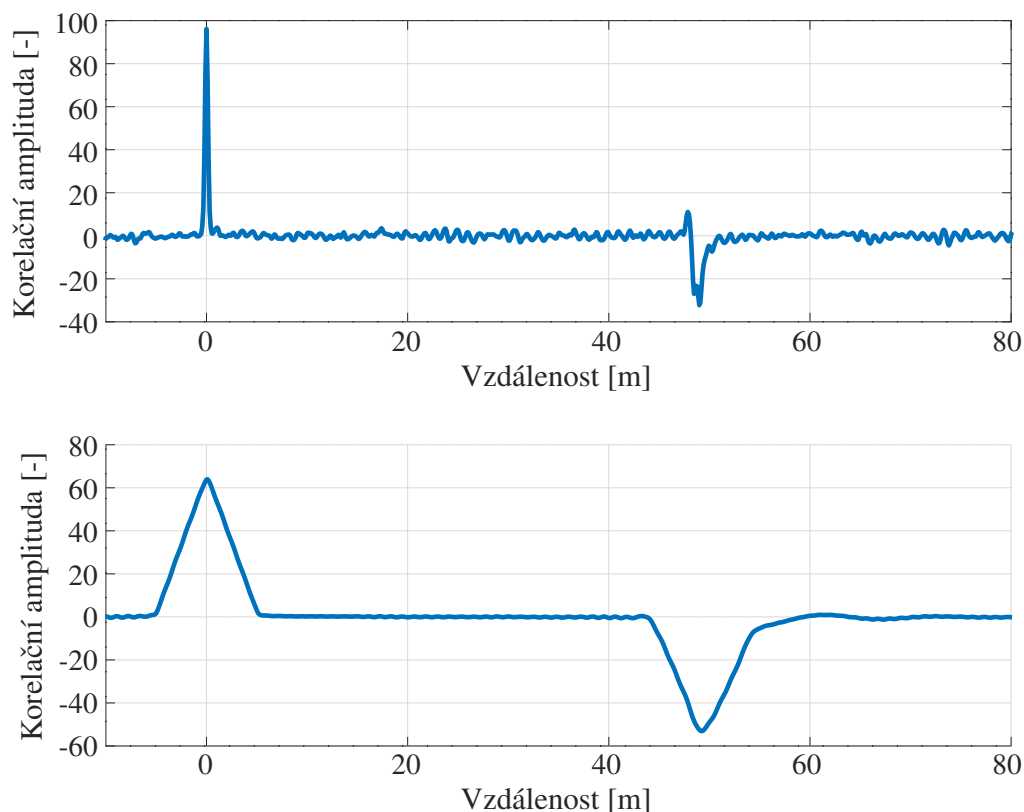


Obrázek 1: Charakter odrazu m-sekvence na vedení podle druhu použitého zakončení.

středí, nebo typ zakončovací impedance, a parametry definující vlastnosti číslicového převodníku a generované sekvence. Podle modelu lze pak odhadnout vhodný hardware pro praktickou realizaci. Na Obrázku 1 jsou zobrazeny výsledky simulací odrazu testovacího signálu od vybraných diskontinuit včetně teoretické velikosti korelační špičky v dané vzdálenosti.

Graf vznikl korelací vyslané a přijaté m-sekvence (princip je blíže popsán v [3]). Při zakončení vedení

zkratem dojde při odrazu k inverzi m-sekvence, proto je tedy korelační špička záporně orientovaná. Naopak při zakončení vedení nekonečnou impedancí se polarita signálu nezmění, proto je špička korelace kladná. U antény je tvar odraženého signálu komplexnější, korelační špička zasahuje jak do kladných tak záporných hodnot. Simulace byla prováděna při úrovni SNR 10 dB, vzorkovacím kmitočtu 125 Ms/s, a rozlišení číslicového převodníku 14 bitů, s šířkou pásma výstupního filtru generátoru 50 MHz. Toto nastavení odpovídá budoucí hardwarové koncepci modulu.



Obrázek 2: Odraz vyslané m-sekvence pro různé nastavení parametrů.

Ověření teoretických předpokladů chování a vlastností při odrazu od antény bylo provedeno měření na laboratorních přístrojích ovládaných skripty, které data také vyhodnocovaly. U této soustavy bylo možné využít vyšší bitové rychlosti m-sekvencí, neboť šířka pásma výstupního filtru generátoru a osciloskopu byla asi čtyřikrát vyšší než šířka pásma A/D a D/A převodníku v cílové platformě. Na základě těchto měření byl vytvořen graf na Obrázku 2 zobrazující anténu umístěnou na střeše budovy vzdálenou od vysílače m-sekvencí 50 metrů. Ta byla měřena pro dvě bitové rychlosti. Horní obrázek je měření s délkou m-sekvence 10-bitů při rychlosti 400 Mbit/s a amplitudě signálu 500 mV. Druhý graf odpovídá m-sekvenci s délkou 11 bitů, sníženou bitovou rychlostí na 20 Mbit/s a desetkrát nižší amplitudou referenčního signálu.

Na prvním obrázku je možné pozorovat vliv délky m-sekvence, kdy je šířka špiček užší, tudíž lze přesněji odhadnout pozici antény. Došlo zde však k menšímu odrazu od antény vlivem nízkého činitele odrazu na daných kmitočtech, proto je odražený signál více utlumený než v případě nižší bitové rychlosti.

4 ZÁVĚR

Vybraná metoda se jeví jako velmi flexibilní v užití a implementaci. Může být realizována na poměrně levném hardwaru s tím, že pro zpřesnění odečtu vzdálenosti k poruše, můžeme použít pokročilé interpolační metody. Ty již byly v rámci simulací otestovány. Bez použití interpolačních metod by cílový hardware umožňoval dosáhnout rozlišení ve vzdálenosti přibližně 1 m. Při využití interpolačních metod je možné zvýšit přesnost na desítky centimetrů.

Z hlediska minimální vzdálenosti k první diskontinuitě a rozlišitelnosti dvojice blízkých diskontinuit na vedení je klíčovým parametrem systému šířka pásma vysílaného signálu. Pro lepší rozlišení je potřebná velká šířka pásma výstupního filtru generátoru m-sekvence a také velká symbolová rychlost generované sekvence. Zlepšování těchto parametrů ale vede ke zvyšování nároků na cílovou platformu a v praxi je tak nezbytné zvolit vhodný kompromis. Vytvořený simulační model umožňuje snadno nalézt optimální nastavení těchto parametrů pro konkrétní vybranou aplikaci.

Další vývoj v této aplikaci bude pokračovat v oblasti hardwarové implementace, kdy bude vytvořen design s generátorem pseudonáhodných m-sekvencí a číslicovým převodníkem, který bude dále posílat data do interního uložení v cílové platformě, kde budou zpracována a vyhodnocena vestavěným procesorem.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Michalu Kubíčkoví Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy a připomínky k práci. Dále jsem velmi vděčen za podporu, kterou mi poskytla firma ERA a.s., v jejíž spolupráci byla práce vedena, a jejím zaměstnancům zejména Ing. Radku Baladovi za velice přínosné rady a návrhy.

REFERENCE

- [1] A. Palmer, Kyle and T. Hale, William and Han, Lu and A. Jacobson, Clas and Bollas, George. (2016). *Built-in Test Design for Fault Detection and Isolation in an Aircraft Environmental Control System* **This work was sponsored by the United Technologies Corporation Institute for Advanced Systems Engineering (UTC-IASE) of the University of Connecticut. Any opinions expressed herein are those of the authors and do not represent those of the sponsor.. *IFAC-PapersOnLine*. 49. 7-12. 10.1016/j.ifacol.2016.07.208.
- [2] BRYANT, G. H. *Principles of microwave measurements*. Revised edition. London: P. Peregrinus Ltd. on behalf of the Institution of Electrical Engineers, [1993]. IEE electrical measurement series, 5. ISBN 0863412963.
- [3] P. Smith, C. Furse and J. Gunther, *Analysis of spread spectrum time domain reflectometry for wire fault location*, in *IEEE Sensors Journal*, vol. 5, no. 6, pp. 1469–1478, Dec. 2005. doi: 10.1109/JSEN.2005.858964. Dostupné z: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1532290&isnumber=32684>>
- [4] Furse, C & Chung Chung, You & Lo, Chet & Pendayala, Praveen. (2006). *A critical comparison of reflectometry methods for location of wiring faults*. *Smart Structures and Systems*. 2. 10.12989/sss.2006.2.1.025.